

河北平原地裂缝调查分析与防治

田级生

(河北省地质矿产勘查开发局 石家庄市 050081)

提要 河北平原从 20 世纪 80 年代开始至今,出现大量地裂缝,使建筑物和道路交通遭受破坏,人民生活受到干扰,给国家和地方造成一定的经济损失,直接威胁着工农业生产和人民生活。该文在广泛调查基础上,总结出三种成因类型有:地动型、潜蚀型、胀缩型,揭示了不同类型地裂缝发生与发展的规律,有针对性的提出了防治对策。

关键词 地裂缝 塌陷 机制分析 防治对策

The Formation of Ground Fracture and its Prevention Measures

Tian Jisheng

(Bureau of Geology and Mineral Exploration of Hebei Province)

Abstract A lot of ground fractures have developed in Hebei plain since 1980 s, which damaged buildings and traffic roads. The fractures as a kind of hazard disturbed the normal human life in the area and directly threaten the local industrial and agricultural production. That results in loss to national and local economics. Based on widely investigations the paper has summarized 3 types of fractures from different origins as follows: ground - moving type, groundwater resolving type and expansion - contracting type, which have revealed evolution process for different types of fractures. Prevention measures have been put forwards for the fractures.

Key words ground fracture; collapsing; anti - fracturing analysis; prevention measures

1 前言

河北平原出现的地裂缝,大都分布在邯郸、永年、南和、柏乡、大名、赵县、正定、藁城、无极、新乐、辛集、顺平、涿州、固安、霸州、文安、任丘、肃宁、博野、安平、饶阳、深县、枣强等 40 余个县市的 70 多个乡村,300 余条地裂缝。其长度由数米至千余米不等,最大宽度 2m,可见最大深度达 6m 左右,并伴有地面塌陷与隐伏空洞;任丘至文安县的千里堤上,裂缝长大于 2000m,饶阳县境内的滹沱河北大堤地裂缝断续出现,延长达 1000m(图 1),地裂缝毁坏农田、公路、水利设施,使房屋开裂,地下管道受损等,造成数以千万元计的经济损失。从 20 世纪 80 年代至今,地裂缝在河北平原分布之广、发展之快、危害之大,是令人吃惊的。

作者简介:田级生,男,1935 年生,高级工程师,从事水文地质、工程地质、环境地质勘察与管理工作。

收稿日期:2003 - 04 - 28

2 地裂缝的成因与防治

地裂缝形成因素十分复杂,一般情况,是多种因素综合作用的结果。根据主导因素划分河北平原地裂缝成因类型为:地动型、潜蚀型、胀缩型三种基本类型。

2.1 地动型地裂缝

是由内动力地质作用(包括构造活动、地震活动等)而形成的地裂缝,它包括构造性地裂缝和非构造性地裂缝。

2.1.1 构造性地裂缝

系在强烈地震作用下,震中区地面可能出现的以水平错位为主的构造性地裂缝。它是强烈震动和断裂错位应力引起的,与发震断裂走向吻合,但不与其连通的地裂缝。这种地裂缝的力学特征与震源机制相对应。从宏观现象进行反演,可以确认这种地裂缝是由具有一定方向性的地面波动所产生的,而这种方向性又取决于下部基岩中发

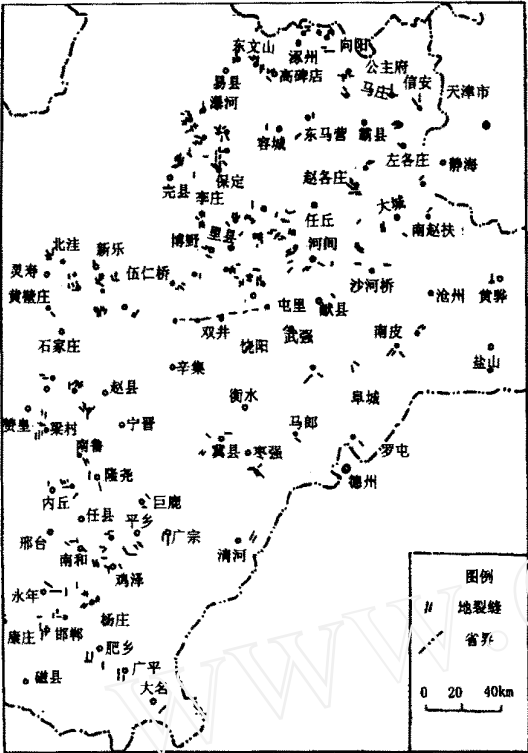


图 1 河北平原地裂缝分布

震断裂的主要形成机制。例如：1976 年 7 月 28 日唐山 7.8 级地震在极震区内产生了众多的地裂缝，规模最大的地裂缝是从唐山市小山东街开始，向南延伸到安机寨，由一系列的地裂缝排成雁列状，总长 8km、宽 30m，总体方向呈北东 30°，与发震断裂方向一致（图 2）；水平方向上可以看出它是顺时针方向往右旋扭，最大水平错距达 1.53m，落差 0.7m。地裂缝发生之处，错断了道路、排树、房屋等一切地形地物。如横切唐山市吉祥路路面相对位移 1.46m。比唐山市地震滞后约 15h 发生的滦县 7.1 级地震，在安各庄三山院一带，出现了一系列构造地裂缝带，南起王家，经李各庄、三山院往北到铁局寨南止，顺溯河东岸残山呈弧形展布，总体走向呈南北，全长大于 6km，从王庄到三山院南一段，构造地裂缝总体走向为北西 20°，运动方式为左旋反时针扭动；在三山院附近，地裂缝为北东 10°方向，向北延伸，运动方式为右旋顺时针扭动（图 3）。它们与发震构造是一致的，是典型的构造性地裂缝。主要依据是：

- 1) 地面的地裂缝呈 V 字形，自地面向下 3 ~ 4m 范围内即行尖灭。
- 2) 在唐山地裂缝的正下方恰有唐山煤矿地下采煤的水平巷道，经详细调查，巷道内基岩未出现

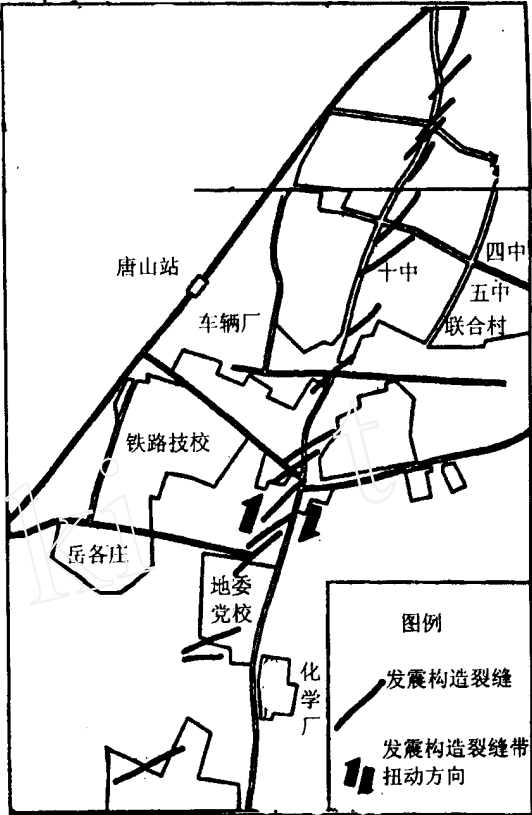


图 2 唐山 7.8 级地震构造裂缝带的分布

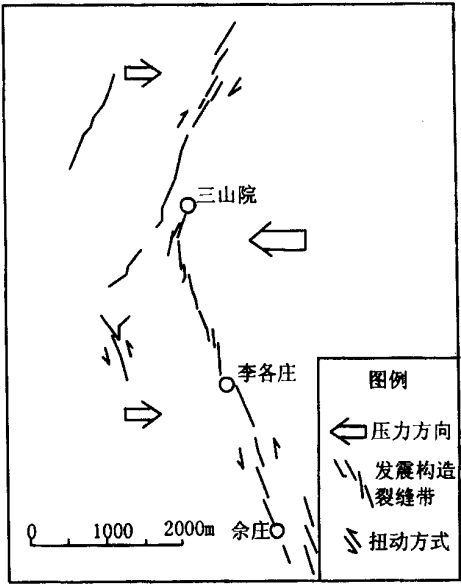


图 3 滦县 7.1 级地震发震构造裂缝带的分布
任何错动。

3) 根据唐山与滦县震后地形变形测量，证实震中区的地表水平位移向量分布与地裂缝总体走向在象限特征上完全一致。上述现象可作为一个反证，说明构造性地裂缝的生成机制与发震断裂机制一致。

2.1.2 非构造性地裂缝

在强烈地震中,多种类型的非构造性地裂缝(即重力型地裂缝)是强烈地面运动的结果。受地形条件及土质条件控制而产生的,这种地裂缝多分布在陡坡、河岸、古河道等地与滑坡、崩塌、沉陷及其它地表变形现象相伴生。这类地裂缝一般规模较小、方向性不明显、开裂不深,破坏力比构造性地裂缝小。例如唐山大地震中,在市区双桥及其滦河、陡河和蓟运河下游平原上;滦县 7.1 级地震中有为数众多的地裂缝出现,开启裂缝宽度达 0.5m。在滦县安各庄等地也有较大幅度震陷在其边缘处;在邢台 7.2 级地震中,在古宁晋泊湖积冲积洼地控制下,沿滏阳河及古河道带上,该三处地震区内有多处地面震陷,在面积震陷区的边缘地带出现张性地裂缝,并有垂直错动,其总体上是环状地裂缝带;还能见到地震砂土液化导致路基、堤坝、边坡等的纵向张性地裂缝或在岸边斜坡产生侧向滑移,其边缘处也常产生地裂缝;在强烈地震震中区的地面运动,受面波的影响较大,因而地面波动中常会产生侧向挤压和拉伸,从而出现没有规律的地裂缝。

地动型地裂缝是分布面积广、规模最大、危害最严重的一种类型。对于这种地裂缝的防治对策,其有效办法是采取躲避措施,如非建不可时,也不能横跨发震断裂,在建设区内要选用柔性钢筋混凝土网络状或整体基础。在基础底部及周围垫以适当厚度的砂层,以缓冲不均匀沉降,并使地基埋藏深度与地裂缝深度及其下卧软层深度相适应。

2.2 潜蚀型地裂缝

它的分布受控于地形地貌,大多分布在山前平原与中部平原交接地带、冲洪积扇前缘洼地、扇间洼地、古河道带及现代河道旁侧等地段。其中有 80% 以上的地裂缝出现在古河道及现代河道一侧。由于山前冲洪积扇地形发育辫状水系,河道经常迁移、当河床侧向移动,在堆积岸形成断续分布的基本平行的一系列滨河床沙坝,沙坝间有线状分布的小型浅洼地。沙坝上覆土层多为分选差的细粒物质,不均匀系数在 11.4 ~ 14.5 之间(不均匀系数 $d_{60}/d_{10} > 10$,易产生潜蚀),形成了两种渗透性能截然不同的岩层,渗透系数比为 5.2 ~ 8.9 (k_1/k_2 ,易产生潜蚀)。因此,土体结构与岩性为潜蚀型地裂缝的形成提供了基础条件。如滹沱河北岸的无极县东汉村及其村南堤坝上的地裂缝 1986 ~ 1988 三年间出现数次地裂缝灾害;

再如拒马河北岸涿州向阳村与保定市候河沿岸的地裂缝,还有磁河南岸正定县大寨庄地裂缝,猪龙河北岸元氏县毛遗乡地裂缝等;分布在古洼地边缘的有赵县沟岸村、南和至任县公路地裂缝等。其展布方向大致与地表径流和地下径流方向一致或与河床呈锐角展布,每年发生的地裂缝的时间,都在雨季初期或中后期。

潜蚀型地裂缝的形成,是浅层地下水运移与包气带土体结构之间的作用结果。近年来,由于气候干旱和人类经济活动的影响,超量开采地下水,使山前平原浅层地下水位持续下降,第 含水层大部被疏干,包气带土体厚度增大,土体结构与应力状态改变;同时也改变了地下水流动系统状态,在地质生态环境均衡状态下,地下水补给河水。目前,地质生态环境遭到严重破坏,使雨季河床行洪时河水补给地下水,水流渗透速度与水力坡度相应增大,动水压力增强。每年雨季,尤其是出现大暴雨时,使常年干涸的河道出现洪流,能迅速补给地下水,地表水与地下水之间,水力联系极为密切,浅层地下水开始回升,使包气带土层浸水软化,在土层底部与粗颗粒砂砾层接触处产生破坏渗透力,使土层发生流失和破坏,对土层产生渗透潜蚀、冲刷与掏空作用,形成土洞。在潜蚀作用下,土洞不断向上扩展,当顶板盖层自重大于其抗剪强度时,使土洞顶板土体失稳、土层剥落,土洞向上扩展,垮落的细粒物质被地下水流带走,导致地面下沉、开裂、形成地裂缝、塌陷坑与地下隐伏空洞。由于内聚力小,使塌陷坑或隐伏空洞多呈直筒状、漏斗状。故现代河道与古河道带两侧易产生地裂缝与塌陷。

河北省无极县东汉村 1988 年 7 月 15 日和 17 日两次大雨后短时间内发生了危及村民住房安全的地面塌陷和不均匀沉陷,大部分房屋开裂并有下沉。塌陷坑多为圆形,直径 1.0 ~ 1.5m,最大直径 3.0m 左右,塌陷深度 2 ~ 3m,最大 4m 以上(图 4)。由于地下水超量开采使地下水位埋深由 1966 年的 2 ~ 3m,下降到 2001 年 8 月的 20.9m。地层岩性主要为人工填土、粉质粘土和砂砾石层。汛期河床出现洪涌能迅速补给地下水。在较高的水力坡度(大于 5,水呈紊流状态)与粉质粘土和砂砾石层较大的渗透性差异下,导致潜蚀土洞的出现(如 1 号、24 号勘查孔发现土洞)。在水力坡度增大,动水压力增强和水流渗透速度差异悬殊的情况下,最终导致地面塌陷、地裂缝的形成(图 4)。

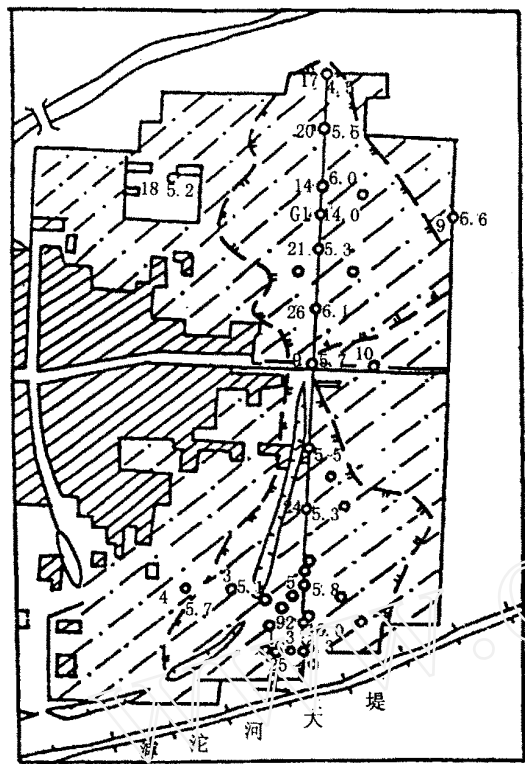


图 4 无极县东汉村土体塌陷分布示意(据黄月环等)

河北南和县地裂缝、塌陷主要分布在路庄、南师庄、三张、东候、胡庄、东韩、前郭平、后郭平、杨庄等村镇以及南任公路(南和县至任县)5~10km(5+350~10+370)路段内。灾害区产生在古大陆泽和古澧水河洪泛改道地区,现南任公路(7+700)处西侧仍保留一段古河道遗址。从地质历史和现今地形地貌及沉积特征分析,灾害系属冲洪积扇前缘与冲洪积平原接壤的,经过河流长期迁徙改道,泛滥淤积而成的典型交接洼地(图 5)。

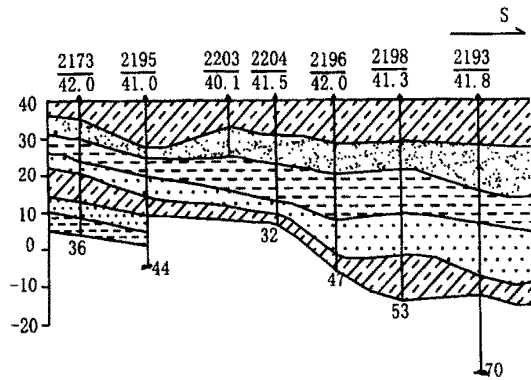


图 5 地裂缝与塌陷区地质剖面

为了判断灾害区是否为湿陷性黄土,于 1989 年在现场取回原状土样 4 组进行室内试验。

实验表明:地面 2m 以内湿陷系数(δ_s)介于 0.03~0.07 之间,属中等湿陷性,2m 以下 $\delta_s <$

0.015 属非湿陷性。据此分析南和县地裂缝与塌陷的形成,排除了湿陷性黄土的作用,其根本原因是浅层地下水运移与土层结构之间作用的结果,是渗透潜蚀效应起主导作用。南和县浅层地下水位逐年缓慢下降过程中,形成了一定范围的水位下降漏斗区,改变了地下水径流状态,使水力坡度和流速增大,对土层产生潜蚀、冲刷和淘空作用,形成土洞。当土洞顶板达到或接近极限平衡状态时,其降雨、灌溉和雨季洪流渗透引起浸润作用,又能使土洞顶板土体软化和增荷,从而失稳开裂与塌陷。

渗透潜蚀模式可在包气带的双层结构与多层结构层状土体中见到,其发展过程首先引起地面变形下沉,而后是开裂,地面建筑物基础与墙体出现裂缝,进而产生地面及地下隐伏空洞。

对潜蚀型地裂缝的防治对策,从发展角度考虑,应该彻底改善河北平原地质生态环境,严格控制浅层地下水开采量,促进地下水位稳定,以减缓和停止地裂缝的活动。必须树立全民、全社会节水意识,增强保护水资源的紧迫感和责任感,实现河北平原经济的可持续发展。

从现实条件考虑,要切实加强地面排水设施,凡产生地裂缝的场地,地面排水普遍不畅,或因地面坡度太缓无排水设施,或因河道两岸堤坝障碍,暴雨季节容易产生暂时性地面积水,只要改善排水环境,通过人工治理,可以使地裂缝停止活动;对于河道两岸与古洼地边缘,曾多次发生过渗透潜蚀作用而产生的地裂缝灾害多发区段内,对拟建重要工程项目,应避免或远离这些危险区。

2.3 胀缩型地裂缝

河北发现该类型地裂缝比较典型的要属张家口怀涿盆地东端,官厅水库库区(河北部分)淹没范围内,浅部土体埋藏有第四系下更新统湖相沉积的灰绿色以蒙脱石-伊利石强亲水矿物为主的粘性土。具有明显膨胀性。丰水年入库径流量猛增,库区水位抬升,淹没范围扩大,膨胀土被库水淹没;枯水年库区水位连续下降,使膨胀土失水,干燥后产生明显的地面变形,淹没区内形成地裂缝带,长达数十米、深数米,展布方向不规则,常有光滑面和擦痕,地裂缝中常充填灰白、灰绿色粘土,地裂缝宽度随季节变化,雨季多呈闭合状。

其次,河北邯郸南部磁县九龙口一带分布有第三系中新统九龙口组紫红色膨胀土。其物理力学指标如下表 1。

表 1 磁县九龙口膨胀土物理力学指标

天然含水量	容重	孔隙比	液限	塑指	液性指数	粘粒含量	自由膨胀率	膨胀率	膨胀力	线缩率
w	γ	e	w_L	I_p	I_L	ω_c	F_s	e_p	P_p	s_i
/ %	/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)		/ %	/ %	/ %	/ %	/ %		/MPa	/ %
23.0	19.61	0.67	50.8	26.7	0.05	31	80	3.01	0.056	4.48

膨胀土灾害在地基防治方面,有防水、保湿、砂垫法、桩基等卓有成效的措施。为能够真正取得预防和治理膨胀土灾害的效果,要准确判别膨胀土。错判会造成不应有的浪费,漏判则会给工程埋下隐患。膨胀土胀缩变形系膨胀土的主要矿物成分蒙脱石和伊利石具有较高的亲水性,活动性前者为 1.5~7.2,后者为 0.9,而高岭石活动性仅为 0.33~0.46。当失水时土体就收缩,出现地裂缝,遇水即膨胀隆起,因此,土中含有蒙脱石与伊利石的多少直接决定土的膨胀性大小;另外,膨胀土粘粒含量高,吸水能力强,胀缩变形就大。因颗粒小,比面积大,颗粒负电场与极性水分子之间吸引作用,或由于阳离子的水化作用等影响所致。

3 结语

河北平原地裂缝成因类型有三种基本类型:地动型、潜蚀型、胀缩型。

1) 地动型地裂缝。是由内动力地质作用形成的地裂缝,它包括构造性与非构造性地裂缝。对该类型地裂缝的防治对策,其有效办法是采取躲避措施。

2) 潜蚀型地裂缝。是由于过量开采浅层地下水形成水位下降漏斗,其漏斗长轴展布方向与地表径流方向一致,在此方向上雨季地表径流垂直渗透作用较强,水力坡度相应增大。冲刷与潜蚀及细颗粒物搬运作用亦最为强烈,造成地裂缝与地面塌陷。对该类型地裂缝的防治对策,要切实加强地表排水措施,只要改善排水环境,通过人工治理,可以使地裂缝停止活动。该类型地裂缝仅在地表浅部发育,地裂缝尖灭深度一般为 2~3 m。最深不超过 5~6 m,可采用粘土或水泥及时填堵措施。

3) 胀缩型地裂缝。系地表浅部埋藏有以蒙脱石亲水矿物成分为主的粘性土,具有明显吸水膨胀、失水收缩的特点。该类型地裂缝的防治对策,为保证建筑物地基与基础稳定性可采取防水、保湿、砂垫法、桩基等措施。

参考文献

- 1 田级生. 河北南和县地裂缝与塌陷的基本特征及形成机制的探讨. 中国地质灾害与防治学报, 1991, 2(4): 26~33
- 2 GB50021-94 岩土工程勘察规范

(上接第 47 页)

参考文献

- 1 王大纯, 张人权, 史毅虹, 等. 水文地质学基础. 北京: 地质出版社, 1995
- 2 王焰新, 孙连发, 罗朝辉, 等. 指示娘子关泉群水动力环境的水化学—同位素信息分析. 水文地质工程地质, 1997, (3): 1~5
- 3 韩行瑞, 等. 岩溶水系统——山西岩溶大泉研究. 北京: 地质出版社, 1993
- 4 煤炭科学研究院地质勘探研究所, 等. 数学地质基础

与方法. 北京: 煤炭工业出版社, 1981

- 5 李志勇, 邹静蓉, 谢强. 红层路堑边坡工程地质及系统聚类分析研究. 工程勘察, 2002, (2): 5~7
- 6 朱艳红, 周志芳. 某水电站坝址区地下水水质模糊聚类分析及成因研究. 勘察科学技术, 2001, (6): 15~19
- 7 李劲, 闫波, 丁志安, 等. 聚类分析在优化地下水监测点位中的应用. 中国环境监测, 1997, 13(4): 15~18
- 8 张立杰, 刘琦, 张焕智. 聚类分析方法及其在水文地质分析中的应用. 长春科技大学学报, 1999, (4): 349~354